

## 2-23. 電力間の応援及び工事請負会社との連携による復旧作業 (東北電力(株)の事例)

### 東北電力への他電力応援

- H23.3.13～H23.4.1の間、電力5社からの応援により、設備巡視、復旧作業、各戸個別送電、応急送電等を実施



### 東北電力と工事請負会社との連携による復旧作業

- H23.3.13～H23.6.18の間、社員と工事請負会社等との連携により、復旧作業を実施



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

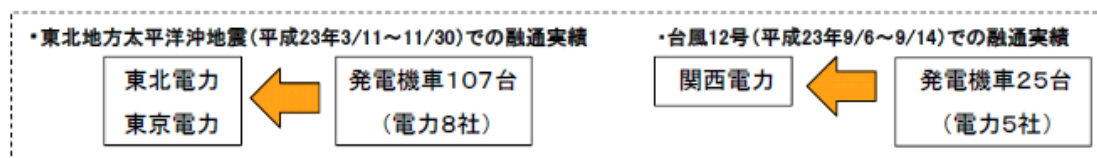
## 2-24. 工事請負会社との連携状況の事例



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

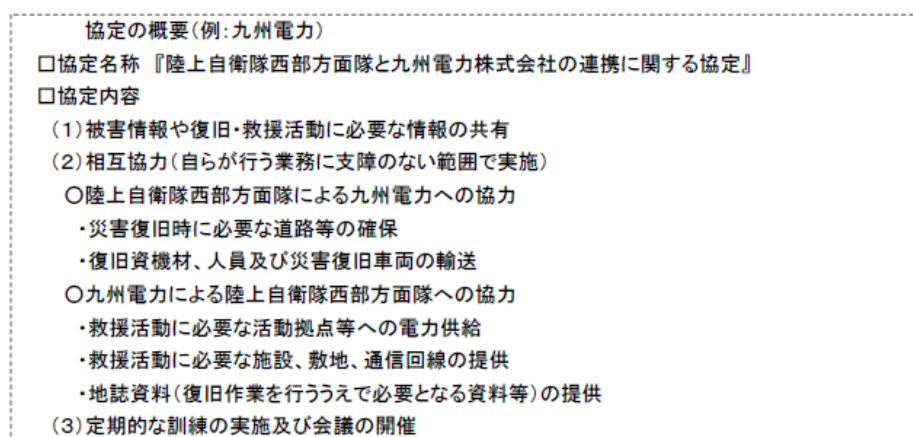
<<参考資料>>

## 2-25. 陸上自衛隊との発電機車の応援融通の事例



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））

## 2-26. 協定の概要（九州電力（株）の事例）



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））

## 2-27. 陸上自衛隊との相互連携（九州電力（株）の事例）



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））

### <<參考資料>>

## 2-28. これまでに実施した主な自衛隊との協働作業の事例

これまでに実施した主な自衛隊との協働作業

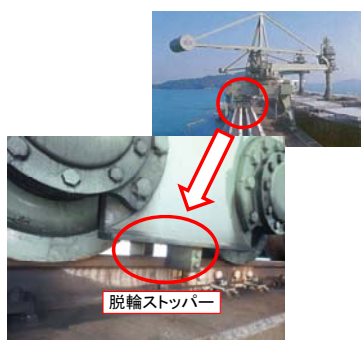
- 平成22年：奄美大島で発生した大雨による道路決壊が発生。  
孤立した地区に自衛隊ヘリコプターにより高圧発電機車を空輸し送電。
- 平成23年：東北地方太平洋沖地震発生時、離島への復旧要員、電源車、資機材等の搬送、道路等の確保(ガレキ除去、道路復旧など)を実施。
- 平成25年：山口島根豪雨による災害発生時、復旧・救助活動と連携を取りながら早期送電を実施。
- 平成26年：首都圏で発生した大雪による道路が寸断。自衛隊ヘリコプターにより、事故探査装置、および復旧要員の輸送を実施。

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

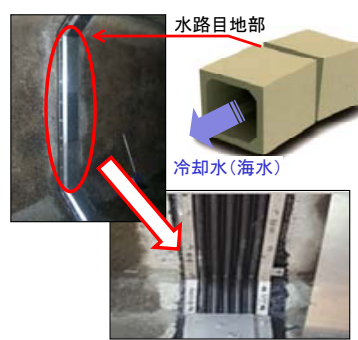
## 2-29. 主な地震対策の事例（火力発電設備）



ボイラ支持架構の補強例



揚炭機の脱輪防止



放水路目地部可撓継手

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

## 2-30. 主な津波対策の事例（火力発電設備）



屋上への避難階段



【離脱後】  
燃料受入設備 緊急離脱装置  
(LNGの例)



防潮ゲート



建屋防水扉

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

<<参考資料>>



### 2-3 1. 地震動に対する弱点部位（火力発電設備）

- ・ ボイラーチューブ（蒸発管等）の損傷等の被害が多く見られ、発電所復旧工程における主な律速であることを確認。
- ・ クーリングスパーサー管（ボイラーチューブを束ねる機能）の被害も見られるが、平成7年の兵庫県南部地震での被害実績を踏まえた対策を実施しており、一部変形はあるものの効果有り。
- ・ ボイラー鉄骨については、震度6（強、弱）程度から被害の兆候が見られ、震度7ではさらに被害程度が大きくなるものと類推。



（写真1）ボイラーチューブの破孔



（写真2）クーリングスパーサー管の変形

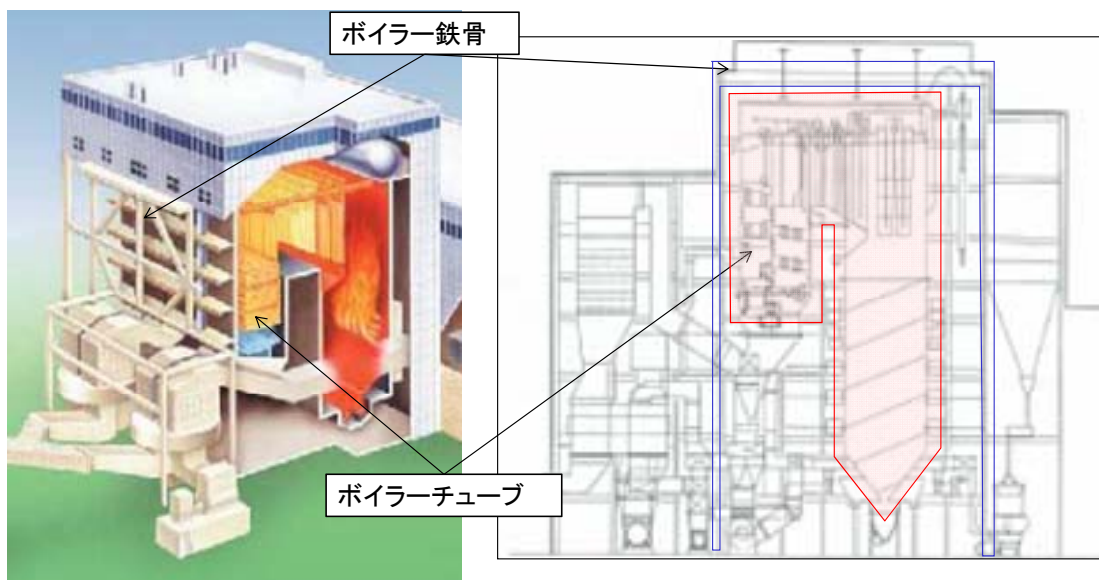


（写真3）ボイラー鉄骨の変形

（出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月）））

### 2-3 2. ボイラーの構造について

- ・ 発電所等の大型のボイラーは、下図のようなボイラ建屋頂部の鉄骨よりボイラー本体および付属部品の全自重を吊り下げて支持しており、地震動を受けた場合には揺動する構造。



ボイラー構造イメージ

（出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月）））

<<参考資料>>

## 2-3-3. 被害レベルB（震度6強・弱）ボイラーの復旧実績の事例

### <被害状況(概略)>

- ボイラーチューブ(蒸発管)破孔：1箇所
- 配管の油圧防振器や支持装置の変形：8箇所
- 過熱器ガイド管変形：1箇所
- ボイラー鉄骨(振れ止め金物)の変形：複数箇所

### <作業内容と概略工程> ボイラーチューブ切継(取替)修理

| 項目        | 復旧期間（約1ヶ月） |   |   |   |
|-----------|------------|---|---|---|
| 不具合箇所確認   | ■          | ■ | ■ | ■ |
| 炉内足場組立・解体 | ■          | ■ | ■ | ■ |
| チューブ切継修理  | ■          | ■ | ■ | ■ |
| ボイラ水压テスト  | ■          | ■ | ■ | ■ |
| 起動前確認・準備  | ■          | ■ | ■ | ■ |
| ボイラ点火     | ■          | ■ | ■ | △ |
| 並列（発電開始）  | ■          | ■ | ■ | △ |

### <作業員数>（発電所入構者数より:6ユニット分）

- 1日最大 約650人(延べ約3万人)

(参考)厚生労働省 平成25年賃金構造基本統計調査より  
労働者数分布特性値 とび工(足場組立工):約2.0万人、溶接工:約7.5万人、  
機械修理工:約5.3万人



ボイラーチューブ  
の修理箇所

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

## 2-3-4. 津波（浸水）に対する弱点部位（火力発電設備）

- ・ 津波(浸水)に対しては、その規模によっては通風機や燃料設備(揚運炭設備)等の運転に関わる大型機器など各種設備が被害を受け、復旧工程への影響が大きいことを確認。



(写真1)復水ポンプ(電動機)の被害



(写真2)通風機の被害



(写真3)制御盤の被害



(写真4)揚炭設備の被害

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

<<参考資料>>

## 2-35. 災害時における現行の優先復旧の考え方

東京電力の事例「防災業務計画」(抜粋)(平成18年7月修正)

### 第4章 災害復旧に関する事項 第2節 復旧順位

復旧計画の策定および実施にあたっては、次表に定める各設備の復旧順位によることを原則とするが、災害状況、各設備の被害状況、各設備の被害復旧の難易度を勘案して、供給上復旧効果の最も大きいものから復旧を行う。

| 設備名  | 復旧順位                                                            |
|------|-----------------------------------------------------------------|
| 配電設備 | 1. 病院、交通、通信、報道機関、水道、ガス、官公庁等の公共機関、避難所、その他重要施設への供給回線<br>2. その他の回線 |

(出所：電気事業連合会資料(第4回本WG資料(平成26年4月)))

## 2-36. 中央防災会議 防災基本計画(平成26年1月修正)

○非常本部等は、災害の程度、施設の重要度等を勘案の上、特に必要と認められる場合には、関係省庁〔厚生労働省、経済産業省、総務省、国土交通省〕を経由して、**ライフライン事業者に対して応急対策活動を依頼するものとする。**

(新設)○緊急災害対策本部長又は非常災害対策本部長は、ライフライン施設に関する応急対策活動を的確かつ迅速に実施するため特に必要があると認めるときは、その必要な限度において、**関係指定行政機関の長等又は関係指定地方行政機関の長等に対し、ライフライン施設に関する応急対策活動の実施について必要な指示をするものとする。**

(新設)○内閣総理大臣は、災害緊急事態の布告があったときは、対処基本方針に基づいて、ライフライン施設に関する応急対策活動の実施について、**内閣を代表して行政各部を指揮監督するものとする。**

(出所：電気事業連合会資料(第4回本WG資料(平成26年4月)))

## 2-37. 緊急災害対策本部における対応

### 緊急災害対策本部における対応

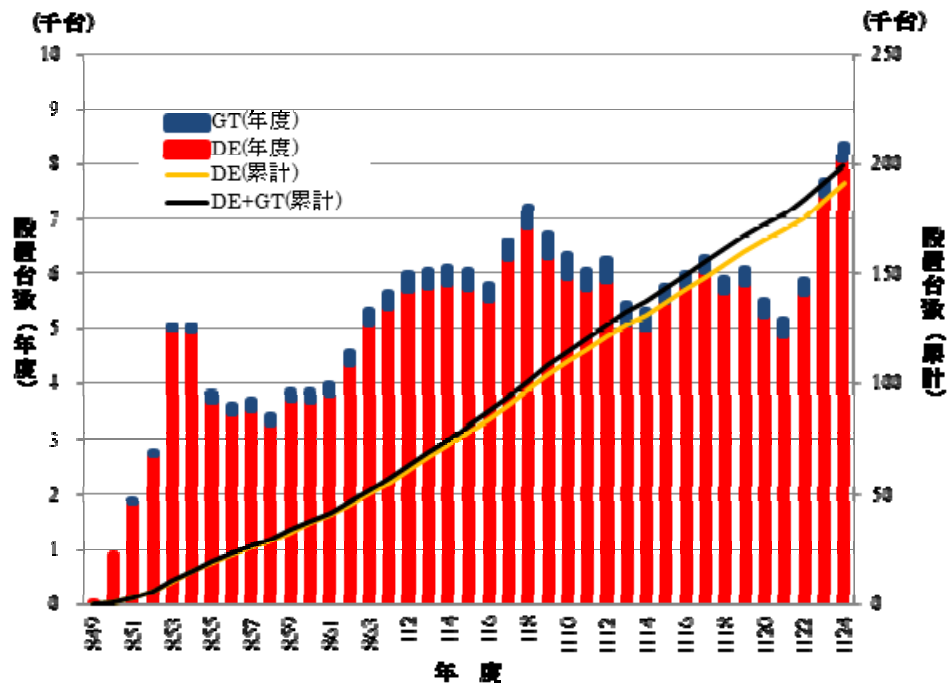
○災害対策基本法(昭和36年法律第223号)第28条の2  
著しく異常かつ激甚な非常災害が発生した場合において、災害応急対策を推進するため特別の必要があると認めるときは、臨時に内閣府に**緊急災害対策本部を設置することができる。**

|         |                                                                         |
|---------|-------------------------------------------------------------------------|
| 本部長     | 内閣総理大臣                                                                  |
| 副本部長    | 防災担当大臣及び内閣官房長官                                                          |
| 本部員     | 全ての国務大臣及び内閣危機管理監                                                        |
| 所掌事務・権限 | ・災害応急対策の総合調整<br>・緊急措置に関する計画の実施<br>・指定公共機関等に対する必要な指示<br>・指定行政機関に対する必要な指示 |

(出所：電気事業連合会資料(第4回本WG資料(平成26年4月)))

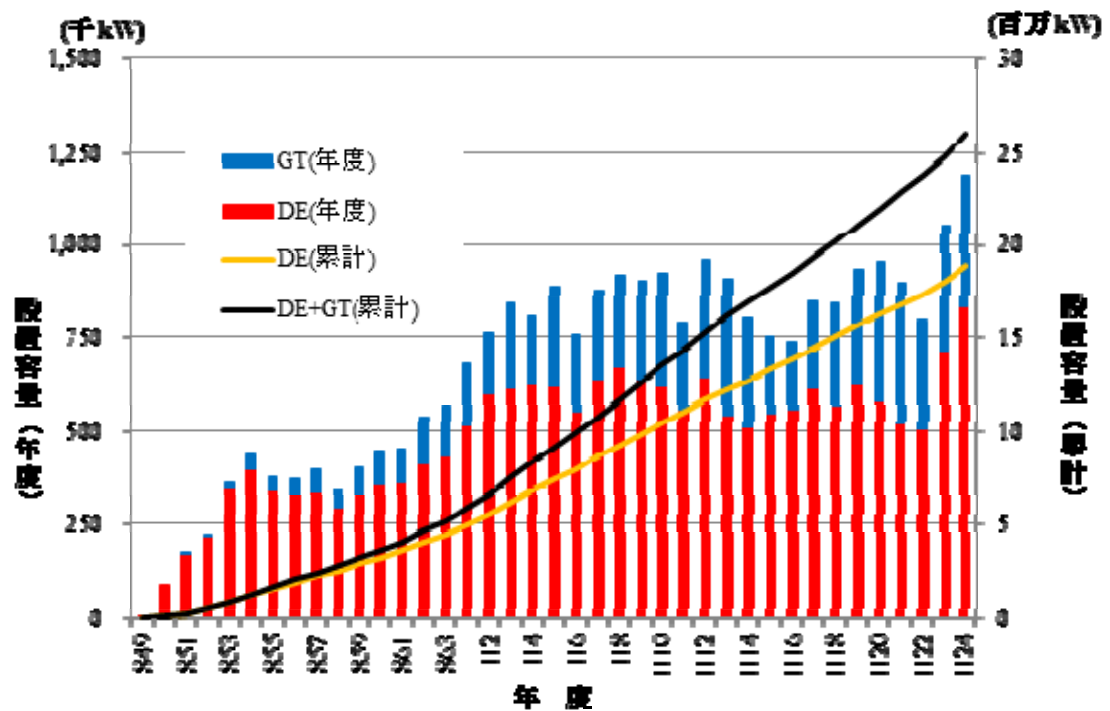
<<参考資料>>

2-38. 防災用自家発電設備のDEとGTの設置状況の推移（台数）



（出典：（一社）日本内燃力発電設備協会資料）

2-39. 防災用自家発電設備のDEとGTの設置状況の推移（容量）



（出典：（一社）日本内燃力発電設備協会資料）

<<参考資料>>

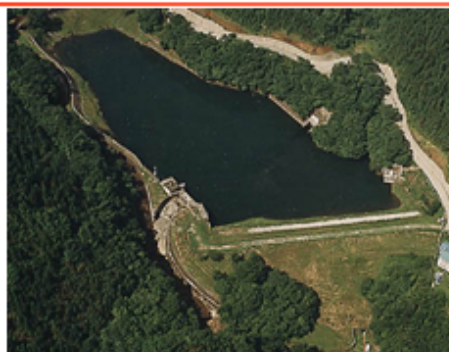
### 第3章 水力発電所に関する評価と今後の対応

#### < L2地震動に対するダム の耐性評価の検討 >

##### 3-1-1. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### 対象ダムの概要

ダム全景



ダム・貯水池の諸元

| ダ ム |                        | 貯 水 池  |                     |
|-----|------------------------|--------|---------------------|
| 型 式 | アースフィルダム<br>(コンクリート芯壁) | 堤体積    | 72千m <sup>3</sup>   |
| 竣工年 | 1912年(大正元年)            | 常時満水位  | EL.682.1m           |
| 堤 高 | 18.18m                 | 湛水面積   | 0.02km <sup>2</sup> |
| 堤頂長 | 121.00m                | 総貯水容量  | 92千m <sup>3</sup>   |
|     |                        | 有効貯水容量 | 92千m <sup>3</sup>   |

※中間調整池であり、流域面積を有さない



目的外使用・無断複製・転載は控え下さい | 東京電力株式会社

1

##### 3-1-2. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### フィルダムの耐震性能照査について

##### フィルダムの耐震性能照査における確認事項

###### ①貯水機能の維持

・L2地震による滑り等の変形に伴う沈下が生じない。もしくは沈下が生じた場合、沈下量が貯水の越流のおそれがないほどに小さく、かつ地震後において浸透破壊を生じないこと

・液状化による著しい強度低下が生じるおそれがない、あるいは、生じても局所的なものにとどまること

###### ②修復可能な範囲にとどまること

※越流の恐れがなくても、ある程度沈下が発生する場合には、沈下後の構造物が安定であるか、実用上使用に耐えるか、の検討を行うことを含む



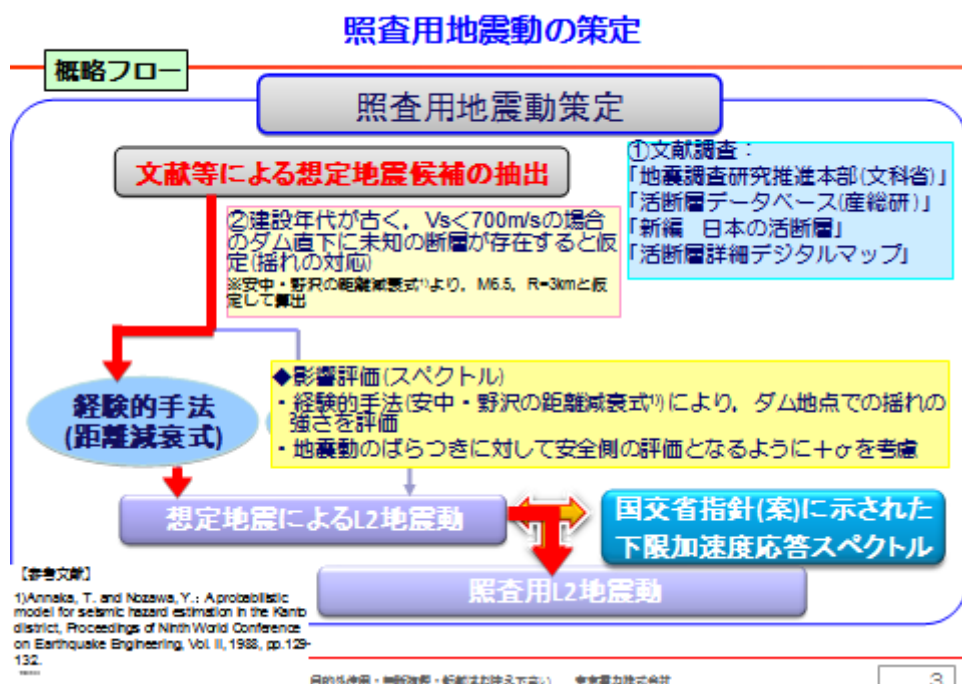
目的外使用・無断複製・転載は控え下さい | 東京電力株式会社

2

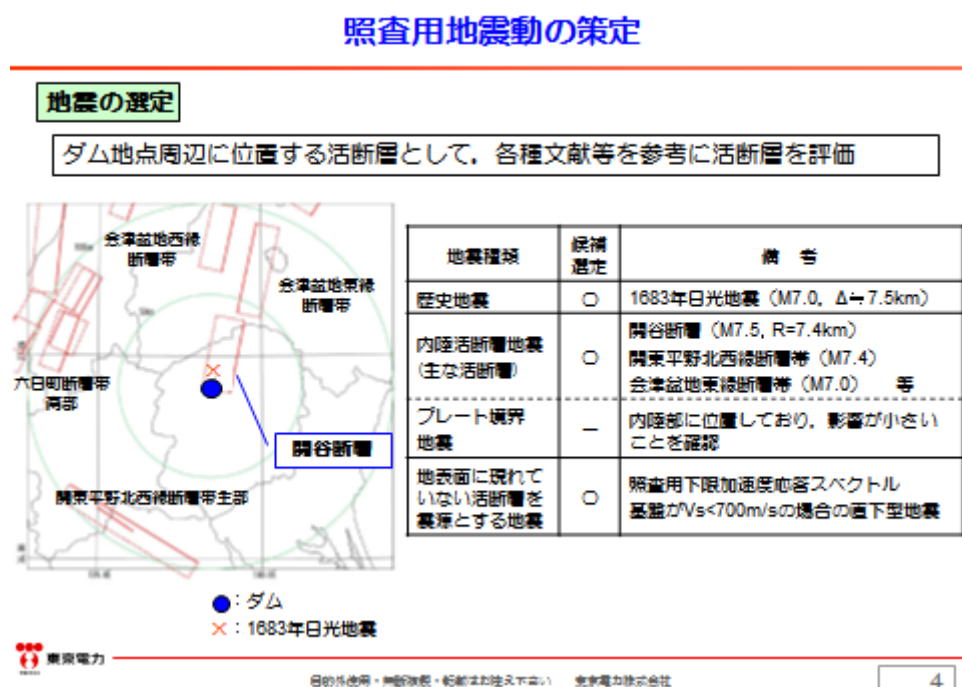
<<参考資料>>



### 3-1-3. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】



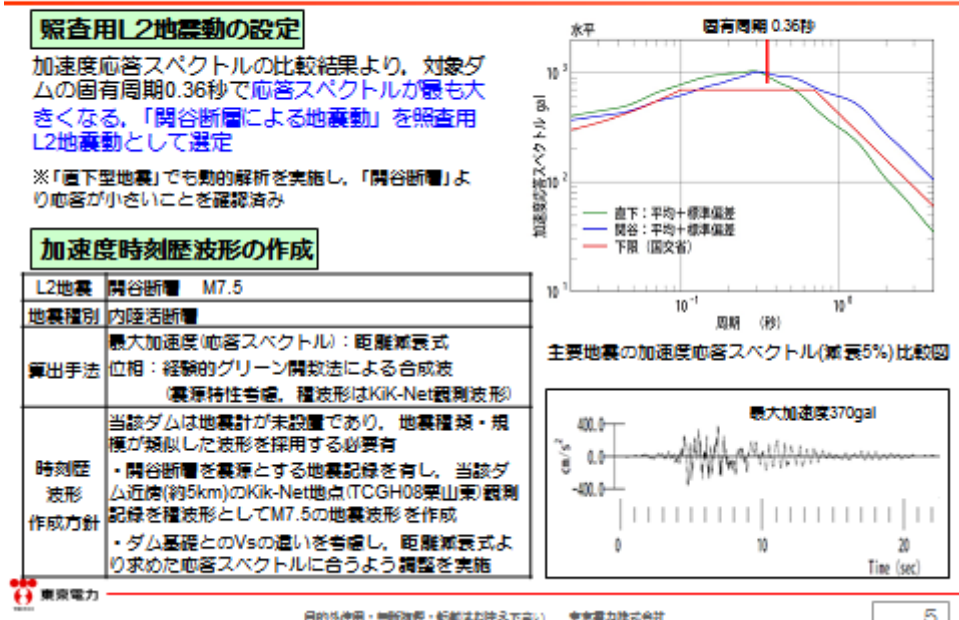
### 3-1-4. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】



<<参考資料>>

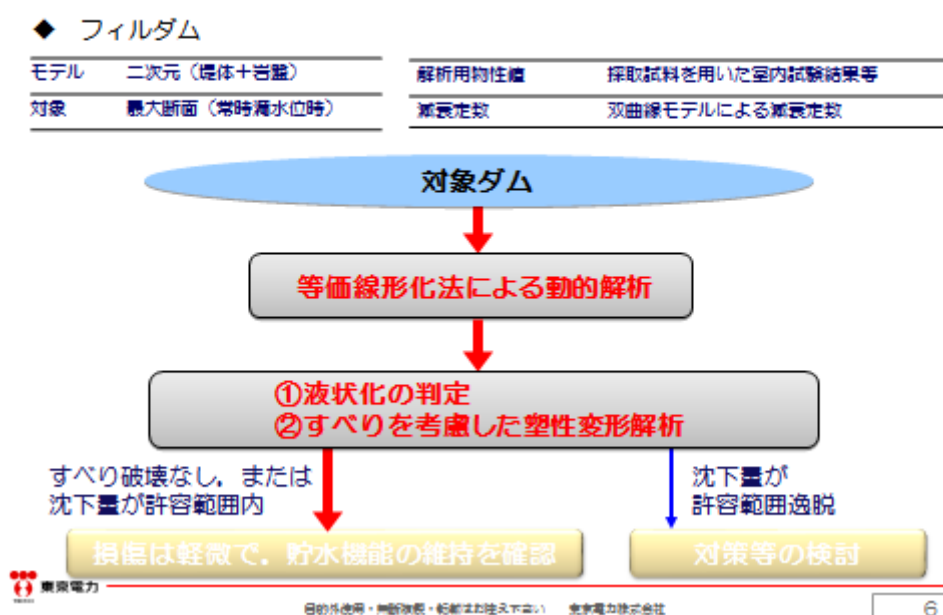
### 3-1-5. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### 照査用L2地震動



### 3-1-6. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

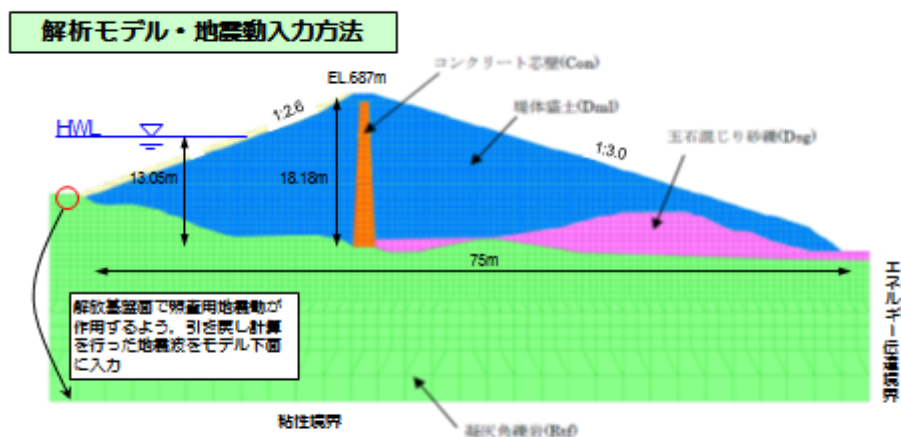
#### 地震応答解析



<<参考資料>>

### 3-1-7. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### 解析モデル等



- ・解析モデルは、堤体と基礎を対象とした2次元モデルとし、過去の調査に基づきゾーニング

### 3-1-8. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### 物性値の設定

##### 静的物性値

- ・堤体盛土は、不攪乱試料を用いた土質試験により、静的物性値を設定
- ・玉石混じり砂礫、角礫凝灰岩、コンクリート芯壁は、現地試験結果より推定した岩級に基づく一般値<sup>3), 4)</sup>の内、安全側を考慮して下限側で設定

| ゾーン      | 密度<br>(t/m <sup>3</sup> ) | N値  | 強度(有効応力)     |              | 変形係数<br>(MPa)        | 備 考                                                |
|----------|---------------------------|-----|--------------|--------------|----------------------|----------------------------------------------------|
|          |                           |     | 粘着力<br>(kPa) | 内部摩擦<br>角(°) |                      |                                                    |
| 堤体盛土     | 1.51(湿潤)<br>1.55(飽和)      | 5.6 | 23.0         | 29.4         | 非線形モデル               | 室内試験より設定。非線形性をDuncan-Chang モデル <sup>2)</sup> により表現 |
| 玉石混じり砂礫  | 2.00(飽和)                  | 63  | 2.3          | 36.1         | 55 <sup>3)</sup>     | PS試験結果より、安全側に岩級を判定の上、変形係数を設定                       |
| 角礫凝灰岩    | 2.15                      | 121 | —            | —            | 150 <sup>3)</sup>    |                                                    |
| コンクリート芯壁 | 2.30                      | —   | (23.0)       | (29.4)       | 25,000 <sup>4)</sup> | 評価にあたって安全側となるよう、堤体盛土と同一とした                         |

【参考文献】

2) Duncan, J. M. and Chang, C. Y.: Nonlinear analysis of stress and strain in soils, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 96(SM5), 1629-1653, 1970.

3) 土木学会：軟弱地盤・設計・施工の基本と事例, p82, 1984

4) 土木学会：コンクリート構造物の設計・施工, 2007

<<参考資料>>

### 3-1-9. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### 動的物性値

#### 物性値の設定

- 堤体盛土、玉石混じり砂礫は、現地調査試験および不攪乱試料を用いた土質試験により非線形特性を考慮して、動的物性値を設定
- 角礫凝灰岩、コンクリート芯壁は、現地調査試験等より動的物性値を設定

| ゾーン      | Vs<br>(m/s) | G <sub>0</sub><br>(MPa) | h<br>(%) | 非線形特性                |               | 波状化<br>強度比<br>R <sup>2</sup> | 備 考                                     |
|----------|-------------|-------------------------|----------|----------------------|---------------|------------------------------|-----------------------------------------|
|          |             |                         |          | 基準歪                  | h(%)<br>最大 最小 |                              |                                         |
| 堤体盛土     | 130         | 26                      | —        | $7.0 \times 10^{-4}$ | 16.7 2.7      | 0.715                        | 室内試験より設定、H-Dモデル <sup>2)</sup> で非線形特性を表現 |
| 玉石混じり砂礫  | 780         | 1200                    | —        | $2.4 \times 10^{-4}$ | 12.8 2.2      | 0.549                        |                                         |
| 角礫凝灰岩    | 990         | 2100                    | 5        | 線形弾性                 |               | —                            | 現地試験および一般値より設定                          |
| コンクリート芯壁 | 1980        | 8800                    | 5        |                      |               |                              |                                         |

※) 地盤工学会の波状化試験において繰返し回数が20回でBA=5%となる繰返し能力比

【参考文献】

- 5) 西えび、西主剛治、松井彰雄：  
Modified Hardin-Drnevichモデルについて、土木学会第33回年次学術講演会講演要録東京、第II部門、pp116-117, 1978.



解析モデルの固有周期は、地震観測記録から求めた既設アースダムの固有周期のばらつきと概ね同等である(左図)

東京電力

目的外使用・複製・転載を禁じます。 東京電力株式会社

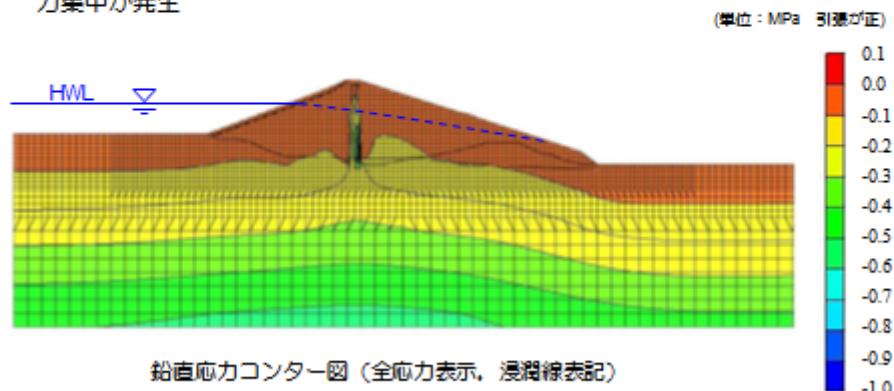
9

### 3-1-10. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### 初期応力解析結果

##### 盛立解析・浸透流解析による初期応力

- 築堤解析を行った後、過去に観測された堤体の最高水位に基づいて浸潤線を設定して浸透流解析を行い、初期応力を算出
- 堤体盛土と比較してコンクリート芯壁の剛性が高いため、コンクリート芯壁に応力集中が発生



鉛直応力コンター図 (全応力表示、浸潤線表記)

東京電力

目的外使用・複製・転載を禁じます。 東京電力株式会社

10

<<参考資料>>

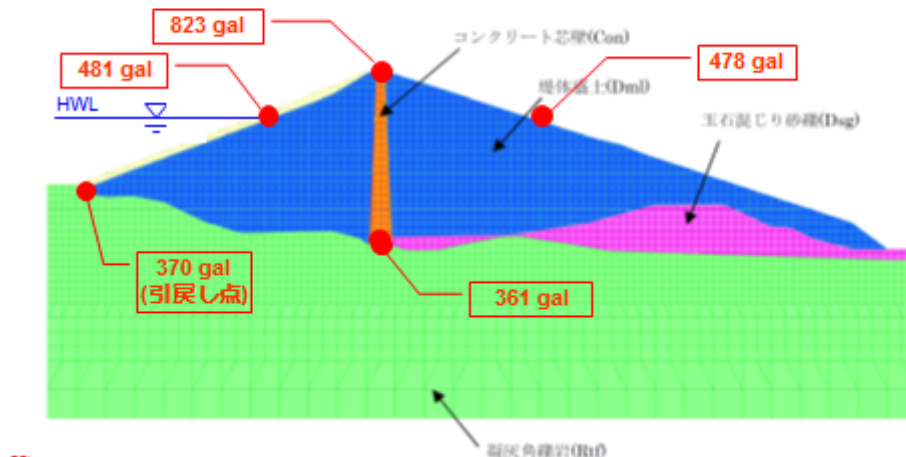


### 3-1-1 1. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### 耐震性能照査結果

##### 主な箇所の最大加速度分布(上下流方向)

- ・天端における増幅率は、天端／基礎≒2.3倍



東京電力

目的外使用・無断複製・転載はできません | 東京電力株式会社

11

### 3-1-1 2. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### 耐震性能照査結果

##### ① $F_L$ 値による液状化(剛性低下)の判定

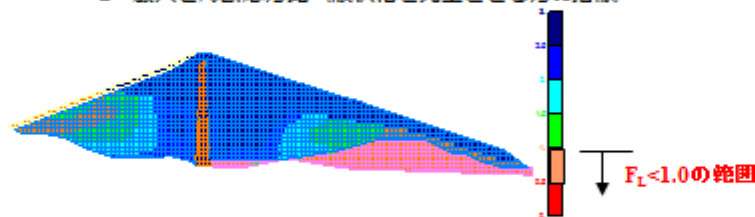
$$F_L = R/L$$

$F_L < 1.0$ になると、発生範囲を確認の上、詳細検討の必要性を判断

R: 液状化強度比 (液状化に対する抵抗力の指標)

※地盤工学会の液状化試験において標準し固数20でDA=5%となる標準し応力比

L: 最大せん断応力比 (液状化を発生させる力の指標)



- ・地下水位以深の緩い砂層で生じるような“流動化を伴う液状化”は発生しない

- ・上流側堤体盛土の一部、および下流側玉石混じり砂礫層にて、 $F_L < 1.0$ となる  
⇒剛性低下を考慮した静的自重解析で、堤体沈下量を評価



東京電力

目的外使用・無断複製・転載はできません | 東京電力株式会社

12

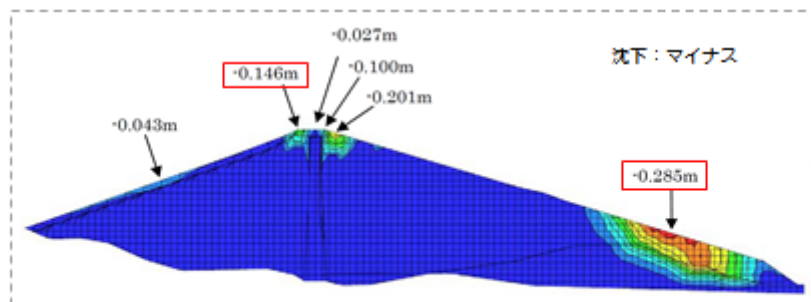
<<参考資料>>

### 3-1-13. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### 耐震性能照査結果

##### ①剛性低下に伴う沈下に対する安定性の検討

- ・繰返しせん断による剛性低下を考慮した静的自重解析より沈下量を算定  
⇒沈下量が最大となるのは、 $F_L < 1.0$ となった玉石混じり砂礫層付近で約29cm  
⇒天端沈下量は約15cmで、フリーボード(常時満水位～天端の標高差)5.13mより小さいため、越流が生じる恐れはない



目的外使用・無断複製・転載はできません | 東京電力株式会社

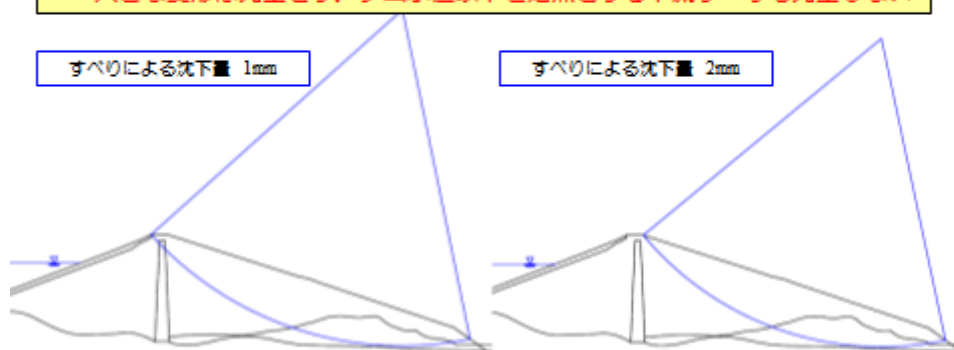
13

### 3-1-14. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### 耐震性能照査結果

##### ②すべり安定性・浸透破壊に対する検討

- ・すべり安定性の検討は、「渡辺・馬場法<sup>5)</sup>」により塑性変形解析を実施。
- ・中心と半径を変えて検討を行ったところ、2つの円弧で安全率 $< 1$ となったが、いずれも地震中の0.01s間だけであり、これに伴う沈下も2mm以下  
⇒大きな変形は発生せず、ダム水位以下を起点とする下流すべりも発生しない



【参考文献】  
5) 渡辺啓行, 馬場幹平: フィルダムの地震動時に並づくすべり安定評価手法の一考察, 大ダム, No.97, p29, 1981.

目的外使用・無断複製・転載はできません | 東京電力株式会社

14

<<参考資料>>

### 3-1-15. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

#### 耐震性能照査結果(まとめ)

- ダムのレベル2地震動：関谷断層（最大加速度 370 gal）
- ダムの応答：天端で最大となり 823 gal
- 越流に対する照査結果  
天端の最大沈下量はダムのフリーボードに対し十分に小さいことから、越流に対して安全である。
- 浸透破壊に対する照査結果  
ダム水位以下を始点とする下流側すべりが発生しないことから、浸透破壊を生じる恐れはない。

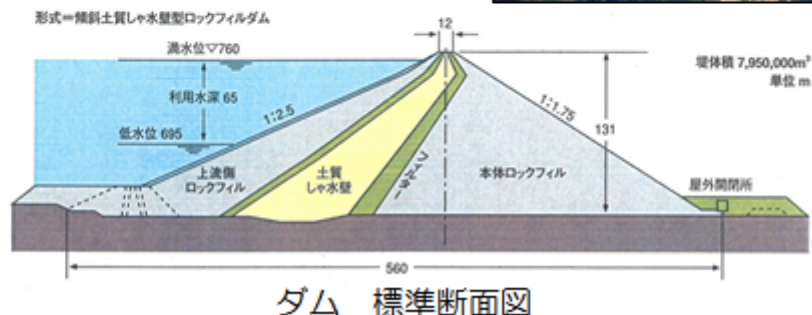


以上より、貯水機能が維持され、損傷が修復可能な範囲に留まると評価されるため、所要の耐震性能を有している

### 3-2-1. ロックフィルダムの耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

#### 1. 概要

|        |                         |
|--------|-------------------------|
| ダム型式   | ロックフィルダム                |
| 竣工年    | 1961年(昭和36年)            |
| ダム高/堤長 | 131.0m/405.0m           |
| 総貯水容量  | 370,000 千m <sup>3</sup> |



### 3-2-2. ロックフィルダム耐震性の事例【電源開発(株)の例】

## 2. ダムの耐震設計

### (1) 従来の耐震設計

#### ① 設計条件

- 従来のダムの耐震設計は、国の「河川管理施設等構造令」等に表示されている震度法<sup>※1</sup>により設計しています。  
(※ダム自身に地震係数  $k$  (水平) を掛け力(慣性力)をダムに作用させて設計する方法)

#### ② フィルダムの耐震設計における確認事項

- 地震力に対して堤体内、ダム堤体と基礎地盤との接合部およびその付近における滑りに対し、所定の安全率を有していること。

#### ③ 構造令等に基づき耐震設計されたダムの損傷事例

- 構造令等に基づき設計されたダムでは、これまでの大規模地震で貯水機能に影響を与える損傷が生じた事例はありません。

### (2) 大規模地震に対するダム耐震性能照査について

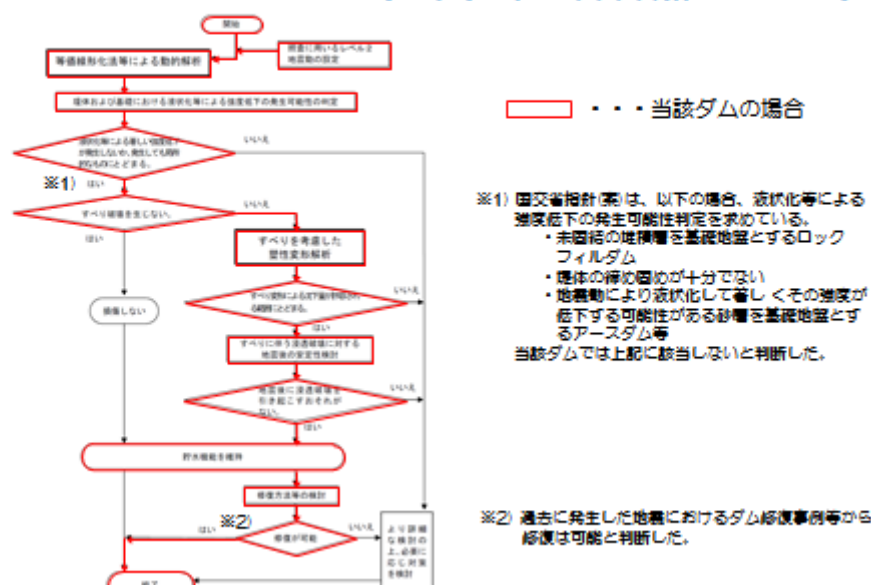
- 2005年(平成17年)に国土交通省が「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」(以下、「国交省指針(案)」という。)を公表したことを受け、当社は、これに則ったダムの耐震評価を進めております。

© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

3

### 3-2-3. ロックフィルダム耐震性の事例【電源開発(株)の例】

## 2. ダムの耐震設計(国交省指針(案)照査フロー)



© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

4

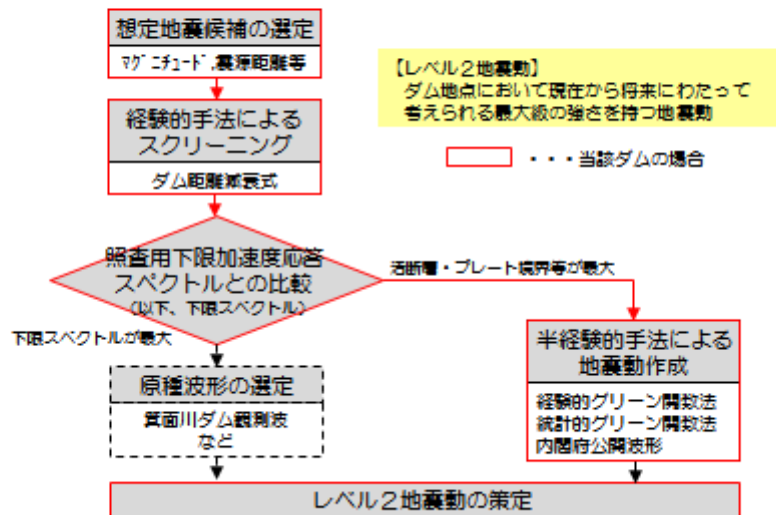
<<参考資料>>



### 3-2-4. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

## 3. 照査用地震動の策定

### (1) 概略フロー



© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

5

### 3-2-5. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

## 3. 照査用地震動の策定

### (2) 地震の選定

- 政府調査機関等による活断層情報や国交省指針(案)のダム距離減衰式を用いた評価により、当該ダムに最も影響を及ぼすのは庄川断層帯を震源とする地震であることがわかりました。
- 地震調査研究推進本部(文部科学省)の文献\*によれば、庄川断層帯はダム右岸側の山腹を通過するとしており、当社の調査でも同様の結果が得られております。

※「庄川断層帯の長期評価について」、3ページ、図2



| 活断層名  | マグニチュード | 断層長さ  | 発生確率  |       |        |        | 平均活動間隔                   |
|-------|---------|-------|-------|-------|--------|--------|--------------------------|
|       |         |       | 30年以内 | 50年以内 | 100年以内 | 300年以内 | 最新活動時期                   |
| 庄川断層帯 | 7.9     | 67 km | ほぼ0%  | ほぼ0%  | ほぼ0%   | ほぼ0%   | 約3,600~6,900年<br>11~16世紀 |

地質調査研究推進本部(文部科学省)「庄川断層帯の長期評価について」(2011年12月)より

© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

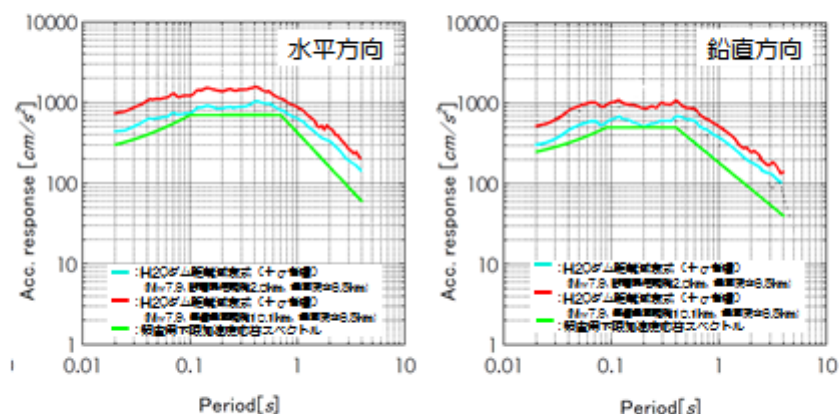
6

<<参考資料>>

### 3-2-6. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

## 3. 照査用地震動の策定

### (3) 経験的手法(ダム距離減衰式)によるスクリーニング



当該ダム地点の庄川断層帯を震源とする地震動は、国交省指針(案)で最低限考慮すべきとした地震動(下限値外)を上回ることを確認しました

© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.

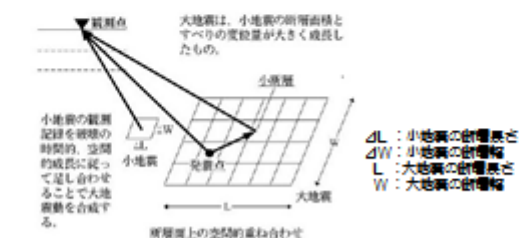
7

### 3-2-7. ロックフィルダム耐性評価の事例【電源開発(株)の例】

## 3. 照査用地震動の策定

### (4) 地震動の作成

- ・当該ダム地点の庄川断層帯を震源とする地震動は、国交省指針(案)で最低限考慮すべきとした地震動(下限値外)を上回ることを確認しました。
- ・照査用レベル2地震動は、政府調査機関である地震調査研究推進本部(文部科学省)で用いられている“レシビ”に則って作成しました。
- ・地震動作成は、半経験的手法の一つである経験的グリーン関数法を採用しました。



(図)防災科学技術研究所：地震動の基礎、GEP 第3版、2000より

© 2014 Electric Power Development Co.Ltd. All rights reserved.



※断層の傾斜角は90度としたが、ここでは0度として図化した。

断層モデル図

8

<<参考資料>>